

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP02001048055A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001048055 A
TITLE: FRAME STRUCTURE FOR CAR BODY AND
FORMING METHOD THEREFOR
PUBN-DATE: February 20, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HANAKAWA, KATSUNORI	N/A
FUKAHORI, MITSUGI	N/A
ISHIDA, YASUAKI	N/A
YAMAMOTO, YUKIO	N/A
ASAKAWA, MOTOYASU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MAZDA MOTOR CORP	N/A

APPL-NO: JP11222835

APPL-DATE: August 5, 1999

INT-CL (IPC): B62D025/04, B62D029/04, B62D065/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To surely hold a filler in a non-foamed state and add not only a filler holding function but also a function for improving quality and performance to a part for holding the filler, in a center pillar filled with the filler.

SOLUTION: On a reinforcement 14 as a closed section member forming a foam filling space for a filler 11, a plurality of beads 14b, 14b,... are roughly

formed along the frame longitudinal direction. In the foam filling space including the inside of each of the beads 14b, the filler 11 is foamed and filled.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造であって、

上記閉断面部材に、フレーム長手方向に略沿ったビードが形成され、

上記ビード内を含む発泡充填空間に、上記充填材が発泡充填されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項2】 略上下方向に延びるフレームの断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材と、該閉断面部材で囲まれた空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材とを備え、該上側及び下側画成部材間ににおける上記閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造であって、

上記上側及び下側画成部材は共に、上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通しかつ少なくとも一部に上記充填材が発泡充填された開放部を有し、

上記下側画成部材は、上記充填材を未発泡状態のときに上下方向に保持し得るように構成されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項3】 請求項1又は2記載の車体のフレーム構造において、

充填材は、平均圧縮強度が4 MPa以上でかつ最大曲げ強度が10 MPa以上に設定されたものであることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の車体のフレーム構造において、

閉断面部材は、フレーム断面外側縁部を構成するパネル材と、フレーム断面内に設けられたレインフォースメントとで構成されていることを特徴とする車体のフレーム構造。

【請求項5】 フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する複数の閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造の形成方法であって、

予め上記複数の閉断面部材の少なくとも1つに、フレーム長手方向に略沿ったビードを形成しておき、

上記ビードを形成した1つの閉断面部材に、未発泡状態の上記充填材を該ビード内の深さ方向中間部まで押し込むことによりセットし、

次いで、フレームを組み立てた後、電着塗装を行い、その後、上記充填材を電着塗装の乾燥熱により加熱することでビード内を含む発泡充填空間に発泡充填させることを特徴とする車体のフレーム構造の形成方法。

【請求項6】 略上下方向に延びるフレームの断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材と、該閉断面部材で囲まれた空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材とを備え、該上側及び下側画成部材間ににおける上記閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填

空間が形成された車体のフレーム構造の形成方法であって、

予め上記複数の閉断面部材の1つに、上記上側及び下側画成部材と共に、フレームを組み立てたときに上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通する開放部を形成した状態で設けておき、

上記上側及び下側画成部材を設けた閉断面部材における該下側画成部材の上側位置に、未発泡状態の上記充填材を下側画成部材により上下方向に保持した状態でセットし、

次いで、フレームを組み立てた後、上記充填材を加熱することで上記発泡充填空間と上記上側及び下側画成部材の各開放部の少なくとも一部とに発泡充填させることを特徴とする車体のフレーム構造の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車等の車両における車体のフレーム構造及びその形成方法に関する技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種のフレーム構造としては、車室内に伝達される振動や騒音を抑えたり強度や剛性を高めたりする観点から、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成されたものが知られている。

【0003】そして、上記のように発泡充填空間を形成する場合、例えば特開平6-156317号公報に示されているように、センターピラーにおいて閉断面部材としてのインナパネルとレインフォースメントとにより充填材の発泡充填空間を画成し、この発泡充填空間内の断面略中央にブラケットを設け、このブラケットに未発泡状態の充填材を閉断面部材から浮かせてセットすることで、電着塗装時の塗料の付き回り性を向上させるようになることが提案されている。

【0004】また、例えば特公平1-56945号公報に示されているように、閉断面部材としてのインナパネルとアウタパネルとにより充填材の発泡充填空間を画成し、このインナパネルに、フレーム断面内に突出して断面積を縮小する縮小部を設け、この縮小部の上側に未発泡状態の充填材をセットすることで、電着液の流下中に充填材が流出するのを防止するようになることが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記前者の提案例（特開平6-156317号公報）のものでは、充填材を確実に保持できるものの、ブラケットへの充填材のセットが困難であるという問題がある。また、そのブラケットは単に充填材を保持する機能しか有していないため、そのようなブラケットを設けるのはコストパフォ

ーマンスが低く、改良の余地がある。

【0006】一方、上記後者の提案例（特公平1-56945号公報）のものでは、充填材を確実に保持でき、しかも、充填材のセットは容易であるものの、上記前者の提案例と同様に、縮小部は単に充填材を上下方向に保持する機能しか有していないため、改良の余地がある。

【0007】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上記のように充填材を設けた車体のフレーム構造に対して、その充填材の未発泡状態での保持を確実に行えるようにすると共に、充填材を保持する部分に、充填材保持機能だけでなく品質や性能等を向上させる機能を付加しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1の発明では、閉断面部材に、フレーム長手方向に略沿ったビードを形成するようにした。

【0009】具体的には、この発明では、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造を対象とする。

【0010】そして、上記閉断面部材に、フレーム長手方向に略沿ったビードが形成され、上記ビード内を含む発泡充填空間に、上記充填材が発泡充填されているものとする。

【0011】上記の構成により、未発泡状態の充填材をビードが形成された部分に保持することができる。つまり、充填材をビード内にある程度押し込むだけで確実に保持することができ、充填材が発泡するまでの間にずれたり脱落したりするのを防止することができる。そして、充填材を発泡させれば充填材がビード内に完全に発泡充填され、このビードにより充填材と閉断面部材とを強固に接合することができる。しかも、ビードにより、閉断面部材の剛性を向上させることができる。よって、閉断面部材にビードを形成するだけで、未発泡状態の充填材の確実な保持とフレーム強度アップとを行うことができる。

【0012】請求項2の発明では、略上下方向に延びるフレームの断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材と、該閉断面部材で囲まれた空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材とを備え、該上側及び下側画成部材間における上記閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造を対象とする。

【0013】そして、上記上側及び下側画成部材は共に、上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通しかつ少なくとも一部に上記充填材が発泡充填された開放部を有し、上記下側画成部材は、上記充填材を未発泡状態のときに上下方向に保持し得るように構成されているものとする。

【0014】このことで、下側画成部材により未発泡状態の充填材の脱落を防止することができる。そして、充填材を、発泡充填空間と上側及び下側画成部材の開放部の少なくとも一部とに発泡充填させるようにする。このとき、充填材は、開放部の抵抗が大きいので、最初に発泡充填空間に発泡充填された後、余った残り分が開放部に発泡充填される。この結果、充填材量がばらついても発泡充填空間における充填材の発泡率ばらつきを低減させることができる。しかも、充填材の上下両端部が開放部により拘束されるので、上下両端部がフリー状態で発泡するのとは異なり、発泡後にその両端部に割れが生じるのを防止することができる。よって、上側及び下側画成部材を設けるだけで、未発泡状態の充填材の保持を行うことができると共に、均一に発泡充填させることができ、しかも、充填材の上下両端部の割れによる強度等の性能低下を防止することができる。

【0015】請求項3の発明では、請求項1又は2の発明において、充填材は、平均圧縮強度が4 MPa以上でかつ最大曲げ強度が10 MPa以上に設定されたものとする。

【0016】このことにより、閉断面部材において衝撃荷重の影響により折れ曲がる部分（座屈する部分）等に対応して充填材を設けることで、その部分に加わる力を充填材を介してその周囲に分散させることができ、その部分の折れ曲がりを防止したり、折れ曲がるようにならがら衝撃エネルギーを効果的に吸収したりすることができる。そして、上記充填材について、平均圧縮強度を4 MPa以上とし、かつ最大曲げ強度を10 MPa以上としたのは、充填材の平均圧縮強度又は最大曲げ強度が大きくなるにつれて、フレームのエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4 MPa以上でかつ最大曲げ強度が10 MPa以上になるとエネルギー吸収量の増加度合いが飽和するからである。つまり、平均圧縮強度が4 MPa以上であれば、フレームが局部的に大きく変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができ、最大曲げ強度が10 MPa以上であれば、フレームが局部的に大きく変形した場合でも、充填材の割れを抑制してフレームが脆的に折損することを最大限に防止することができる。この結果、この特性を満たす充填材

40 を用いれば、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、衝突安全性をかなり向上させることができる。したがって、エネルギー吸収量を増大させるために閉断面部材等の板厚を増大させる必要がなく、しかも、充填材が発泡材であるので、車体を軽量化することができ、燃費性能をも向上させることができる。尚、「平均圧縮強度」は、充填材を一辺30 mmの立方体に加工したものに対して一方向から10 mm/m inの速度で圧縮荷重をえたときにおいて変位量（圧縮量）が0~8 mmの範囲での平均強度をいう。

50 【0017】請求項4の発明では、請求項1、2又は3

の発明において、閉断面部材は、フレーム断面外側縁部を構成するパネル材と、フレーム断面内に設けられたレインフォースメントとで構成されているものとする。

【0018】こうすることで、特に請求項3の発明では、レインフォースメントと充填材との相乗効果により衝撃エネルギーを効果的に吸収することができ、充填材をフレーム断面全体に発泡充填させなくても済み、充填材量を低減することができる。

【0019】請求項5の発明は、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する複数の閉断面部材を備え、該閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造の形成方法を対象とするものである。

【0020】そして、この発明では、予め上記複数の閉断面部材の少なくとも1つに、フレーム長手方向に略沿ったビードを形成しておき、上記ビードを形成した1つの閉断面部材に、未発泡状態の上記充填材を該ビード内の深さ方向中間部まで押し込むことによりセットし、次いで、フレームを組み立てた後、電着塗装を行い、その後、上記充填材を電着塗装の乾燥熱により加熱することでビード内を含む発泡充填空間に発泡充填させるようする。

【0021】この発明により、請求項1の発明と同様の作用効果が得られると共に、閉断面部材に未発泡状態の充填材をセットする際、充填材をビード内に完全に押し込まではいないので、ビード底部に隙間が形成されているため、電着塗装を行うときにこの隙間が電着液の通路となり、電着液の付き回り性や排出性を良好にして、液溜りが生じるのを防止することができる。この結果、液溜りによるむらに起因する電着層の剥離を防止することができ、耐食性の低下を抑えることができる。また、充填材を電着塗装の乾燥熱により発泡させるので、発泡工程を別途に設ける必要がなく、生産性を高めることができる。

【0022】請求項6の発明では、略上下方向に延びるフレームの断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材と、該閉断面部材で囲まれた空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材とを備え、該上側及び下側画成部材間における上記閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造の形成方法を対象とする。

【0023】そして、予め上記複数の閉断面部材の1つに、上記上側及び下側画成部材と共に、フレームを組み立てたときに上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通する開放部を形成した状態で設けておき、上記上側及び下側画成部材を設けた閉断面部材における該下側画成部材の上側位置に、未発泡状態の上記充填材を下側画成部材により上下方向に保持した状態でセットし、次いで、フレームを組み立てた後、上記充填材を加熱することで上記発泡充填空間と上記上側及び下側画成部材の各

開放部の少なくとも一部とに発泡充填させるようにする。

【0024】このことにより、請求項2の発明と同様の作用効果が得られると共に、充填材の閉断面部材へのセットを容易に行うことができる。

【0025】

【発明の実施の形態】(実施形態1) 図1は、本発明の実施形態1に係るフレーム構造が適用されたセンターピラー2(フレーム)を備えた自動車車体1の全体構成を示す。このセンターピラー2は、車体1の左右両側部の前後方向略中央部において略上下方向に延び、その上端部は、車室ルーフ部の左右両側部において前後方向に延びるルーフサイドレール3に接合され、下端部は、車室フロア部の左右両側部において前後方向に延びるサイドシル4に接合されている。そして、上記センターピラー2のベルトライン部ないしその近傍には、後述の如く充填材11(図2及び図3参照)が設けられており、側突時に衝撃荷重Asが入力されても、ベルトライン部が折れて車室側に進入するのを抑制するようにしている。

尚、図1中、5はフロントピラーであり、6はリヤピラーである。

【0026】上記センターピラー2は、図2及び図3に示すように、車体外側に位置する鋼板等からなるアウタパネル12と、車体内側に位置する鋼板等からなるインナパネル13と、該アウタパネル12とインナパネル13との間でかつセンターピラー2断面(フレーム断面)内に設けられた鋼板等からなるレインフォースメント14とを備えている。このアウタパネル12、インナパネル13及びレインフォースメント14は、各々、その左右両側部(車体1前後両側部)にフランジ部12a、12a、13a、13a、14a、14aを有していて、該各フランジ部12a、13a、14a同士がスポット溶接により接合されることで互いに一体化されている。

すなわち、上記アウタパネル12とインナパネル13とは、センターピラー2断面外側縁部を構成するパネル材であり、アウタパネル12とレインフォースメント14とは、センターピラー2断面の車体外側部を閉断面状に形成する閉断面部材であり、インナパネル13とレインフォースメント14とは、センターピラー2断面の車体内側部を閉断面状に形成する閉断面部材である。そして、アウタパネル12及びレインフォースメント14は共に断面略コ字状をなし、その両者間の空間も断面略コ字状をなしている。

【0027】上記センターピラー2のベルトライン部ないしその近傍においてアウタパネル12とレインフォースメント14との間の空間(閉断面部材で囲まれた空間)には、例えばエポキシ樹脂からなる充填材11が発泡充填された発泡充填空間が形成されている。つまり、この充填材11は、センターピラー2断面内全体ではなく、その断面において上記衝撃荷重Asが入力される

側、又はその衝撃荷重 A_s に起因してセンターピラー2に作用する曲げモーメントにより圧縮応力が発生する側(センターピラー2の中立軸よりも車体外側)のみに充填されていて、断面略コ字状をなしている。上記充填材11の平均圧縮強度は4 MPa以上(好ましくは5 MPa以上)に設定されていると共に、最大曲げ強度は10 MPa以上(好ましくは60 MPa以上)に設定されている。これは、平均圧縮強度が4 MPa以上であれば、センターピラー2に上記衝撃荷重 A_s が入力されてもセンターピラー2のベルトライイン部が局部的に変形して断面の潰れが生じることを最大限に抑制することができ、最大曲げ強度が10 MPa以上であれば、たとえセンターピラー2が局部的に大きく変形した場合でも、充填材11の割れを抑制してセンターピラー2が脆的に折損することを最大限に防止することができるからであり、平均圧縮強度を5 MPa以上としつつ最大曲げ強度を60 MPa以上とすればその効果がより安定的に得られるからである。尚、上記平均圧縮強度は、充填材11を一辺30mmの立方体に加工したものに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重をえたときにおいて変位量(圧縮量)が0~8mmの範囲での平均強度をいう(図14参照)。

【0028】そして、上記レインフォースメント14の少なくとも充填材11充填部分には、センターピラー2長手方向に略沿った断面略矩形状の複数のビード14b, 14b, …が形成されて、上記発泡充填空間は該各ビード14bの分だけ大きくなり、そのビード14b内を含む発泡充填空間に、上記充填材11が発泡充填されている。

【0029】次に、上記センターピラー2を組み立てる方法を説明する。まず、図4(a)に示すように、レインフォースメント14のアウタパネル12側面の所定部分にシート状に加工した未発泡状態の充填材10を貼り付けてセットする。このとき、充填材10の各ビード14bに対応する部分を該各ビード14b内の深さ方向中間部まで押し込むことで充填材10をセットする。このことにより、充填材10がレインフォースメント14に確実に保持され、発泡するまでの間にずれたり脱落したりするのを防止することができる。

【0030】その後、図4(b)に示すように、上記充填材10を貼り付けたレインフォースメント14をアウタパネル12にセットし、両者のフランジ部12a, 14a同士をスポット溶接により接合する。そして、図4(c)に示すように、上記レインフォースメント14に對してインナパネル13をセットして該インナパネル13のフランジ部13aをレインフォースメント14のフランジ部14aにスポット溶接により接合することで、センターピラー2の組立てが完了する。

【0031】次いで、車体1全体の組立てを完成させた後、その車体1を電着液に浸漬させて電着塗装を行う。

このとき、上記各ビード14bの底部には隙間が形成されているため、電着塗装を行うときにこの隙間が電着液の通路となり、電着液の付き回り性や排出性を良好にして、液漏りが生じるのを防止することができる。この結果、液漏りによるむらに起因する電着層の剥離を防止することができ、耐食性の低下を抑えることができる。

【0032】その後、180°C霧囲気中に35分間投入して上記電着塗装の乾燥を行う(センターピラー2の最低温度は150°C程度になる)。そして、車体シーラを

塗布し、140°C霧囲気中に20分間投入してその車体シーラを乾燥させ(センターピラー2の温度は100°C程度)、続いて、中塗塗装を行い、140°C霧囲気中に40分間投入してその中塗塗装の乾燥を行い(センターピラー2は140°Cで20分間加熱されたことになる)、次いで、上塗塗装を行い、140°C霧囲気中に40分間投入してその上塗塗装の乾燥を行う(センターピラー2は140°Cで20分間加熱されたことになる)。この電着塗装等の乾燥時に、上記充填材10をその乾燥熱により加熱することで、アウタパネル12とレインフォースメント14との間に完全に発泡充填させる。この

ように未発泡状態の充填材10を電着塗装等の乾燥熱により発泡硬化させるので、発泡工程を別途に設ける必要がなく、生産性を高めることができる。尚、電着塗装の乾燥工程で上記充填材10の発泡が完了すると共に半分程度が硬化し、中塗塗装及び上塗塗装の乾燥工程で残りが硬化する(車体シーラの乾燥工程では、センターピラー2の温度が低過ぎて充填材10は殆ど硬化しない)。

【0033】上記車体1に対して側突がなされた場合、衝撃荷重 A_s によりセンターピラー2におけるアウタパネル12のベルトライイン部には、折れ曲がって(座屈して)断面内側に進入しようとする大きな力が局所的に作用することがある。しかし、この実施形態1では、そのような力がアウタパネル12に作用したとしても、その力を充填材11を介して周囲に分散させることができ、しかも、その充填材11の平均圧縮強度が4 MPa以上に設定され、最大曲げ強度が10 MPa以上に設定されているので、最大値に近いエネルギー吸収量が得られ、センターピラー2の折れ曲がりを最大限に抑制することができる。一方、充填材11は、センターピラー2断面内全体ではなく、アウタパネル12とレインフォースメント14との間にしか設けられていないが、座屈開始の曲げモーメントは、センターピラー2断面内全体に設ける場合と殆ど変わらないので、少ない充填量で効果的に衝撃エネルギーを吸収することができる。しかも、充填材11は発泡材であるので、車体を軽量化することができる。よって、燃費性能を向上させながら、衝突安全性を向上させることができる。

【0034】そして、レインフォースメント14にセンターピラー2長手方向に略沿った複数のビード14b, 14b, …が形成されているので、未発泡状態の充填材

10の保持と電着塗装とを良好に行え、しかも、レインフォースメント14の剛性を向上させることができる。

【0035】ここで、上記実施形態1においては、上記レインフォースメント14の強度（引張強さ、耐力）及び剛性の少なくとも一方は、アウタパネル12と同等以上に設定することが望ましい。つまり、レインフォースメント14の強度及び剛性の両方がアウタパネル12よりも小さいと、アウタパネル12のベルトライイン部が折れ曲がって断面内側に進入しようとするときに、レインフォースメント14が局所的に座屈変形してアウタパネル12が充填材11と共に断面内側に進入してしまうが、このようにレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方がアウタパネル12と同等以上であれば、アウタパネル12の断面内側への進入（折れ曲がり）をより一層確実に抑制することができる。したがって、上記のようなビード14bをレインフォースメント14に形成すれば、アウタパネル12と同等以上の剛性が容易に得られ、アウタパネル12のベルトライイン部の断面内側への進入を有効に抑制することができる。

【0036】また、上記充填材11充填部分におけるアウタパネル12とレインフォースメント14との間の隙間量は2mm以上（好ましくは3mm以上）に設定することが望ましい。これは、充填材11を充填しない場合には上記隙間量は小さいほどセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値は大きくなるが、充填材11を充填する場合に上記隙間量が2mmよりも小さいと、充填材11の充填効果が低くて充填材11を充填しない場合と殆ど変わらなくなるからである。一方、上記隙間量は、20mmよりも大きいと、軽量化効果が小さくなると共に、コスト面で不利になるので、20mm以下に設定することが望ましい。

【0037】さらに、上記アウタパネル12と充填材11との間の少なくとも一部には、3MPa以上のせん断接着強さを有する接着剤層（車体シーラ等）を設けることが望ましい。これは、アウタパネル12に局所的に加わる力を充填材11を介してその周囲に確実に分散させることができると共に、接着剤層によりセンターピラー2が負担し得る最大曲げモーメント値を効果的に高めることができ、また、上述の如くレインフォースメント14の強度及び剛性の少なくとも一方をアウタパネル12と同等以上にした場合には、アウタパネル12が断面内側に進入することも断面外側に張り出すこともできず、アウタパネル12の折れ曲がりを有効に防止することができるからである。そして、接着剤層を設ける代わりに、充填材11自体が、アウタパネル12に対して3MPa以上のせん断接着強さを有するようにもよく、こうすれば、接着剤層を別途に設けなくても済み、容易に上記効果が得られる。尚、アウタパネル12と充填材11との間だけでなく、インナパネル13と充填材11との間の少なくとも一部にも接着剤層を設けるようにし

てもよい。

【0038】加えて、上記充填材11は、センターピラー2長手方向において、センターピラー2の荷重支持点間（ルーフサイドレール3に接合された上端部とサイドシル4に接合された下端部との間）の長さに対して15%以上の長さの範囲に充填されていることが望ましい。すなわち、充填材11の充填範囲が大きくなるにつれてエネルギー吸収量は増大するが、荷重支持点間の長さに対して15%で略飽和する。したがって、15%以上の長さの範囲に充填すれば、略最大値に近いエネルギー吸収量が得られる。

【0039】尚、上記実施形態1では、充填材11は、平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）でかつ最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されたものとしたが、平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）又は最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）に設定されたものとしてもよい。このようにしても衝突安全性を十分に向上させることができる。そして、アウタパネル12とレインフォースメント14との間に充填された充填材11を、アウタパネル12側（衝突荷重入力側）とレインフォースメント14側（反衝突荷重入力側）との2層で構成し、そのアウタパネル12側には平均圧縮強度が4MPa以上（好ましくは5MPa以上）のものを配置し、レインフォースメント14側には最大曲げ強度が10MPa以上（好ましくは60MPa以上）のものを配置するようにしてもよい。こうすれば、アウタパネル12側に直接的に作用する圧縮荷重と、レインフォースメント14側に作用する曲げ荷重とを各層の充填材11によりそれぞれ有効に負担することができ、その各充填材11に対して最も効果的な特性を付与して、効率的な補強を行うことができる。

【0040】また、充填材11は、このように高強度を有するものでなくともよく、車室内に伝達される振動や騒音を抑えるための発泡ウレタン樹脂等の低強度のものであっても本発明を適用することができる。そして、充填材11を、アウタパネル12とレインフォースメント14との間だけでなく、インナパネル13とレインフォースメント14との間にも充填するようにしてもよく、レインフォースメント14がない場合には、アウタパネル12とインナパネル13との間に充填材11を充填するようにしてもよい。

【0041】さらに、上記実施形態1では、断面略矩形状の複数のビード14b、14b、…を形成したが、例えば図5に示すように、各ビード14bを断面略三角形状に形成してもよく、図6に示すように、1つのビード14bを形成するだけでもよい。

【0042】加えて、上記実施形態1では、本発明のフレーム構造をセンターピラー2に適用したが、センターピラー2以外のピラー部材（上記フロントピラー5やリ

ヤビラー6)にも適用することができる。また、その他にも、車体1の左右両側において前後方向に延びるフレーム部材(フロントサイドフレーム、リヤサイドフレーム、上記ルーフサイドレール3、サイドシル4等)、この左右のフレーム部材を連結する連結部材(クロスメンバ等)、ドア本体部の補強部材(インパクトバー等)、バンパの補強部材(バンパレインフォースメント等)等にも適用することができる。このようなフレームに適用する場合、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成しかつ内部に発泡充填空間を形成する複数の閉断面部材の少なくとも1つにビードを形成しおき、そのビードを形成した1つの閉断面部材に未発泡状態の充填材10をセットするようにすればよい。

【0043】(実施形態2)図7は本発明の実施形態2を示し(尚、以下の実施形態では、図2及び図3と同じ部分については同じ符号を付してその詳細な説明は省略する)、アウタパネル12とレインフォースメント14との間の空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材31、32を設け、この上側及び下側画成部材31、32間におけるアウタパネル12とレインフォースメント14と間に、充填材11の発泡充填空間を形成するようにしたものである。尚、レインフォースメント14には、上記実施形態1のようにビード14bは形成されていない。

【0044】すなわち、この実施形態2では、上記上側及び下側画成部材31、32は共に、レインフォースメント14にプレスによりアウタパネル12側に突出するよう一体形成されていて、その各先端部には、上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通しかつ少なくとも一部に上記充填材11が発泡充填された開放部31a、32aを有している。また、上記下側画成部材32は、レインフォースメント14からアウタパネル12側に突出していることで、図8に示すように、充填材10をレインフォースメント14にセットしたときに充填材10を上下方向に保持し得るよう構成されている。

【0045】したがって、上記実施形態2では、レインフォースメント14において一体形成した下側画成部材32の上側位置に、未発泡状態の充填材10を下側画成部材32により上下方向に保持した状態でセットしてセンタービラー2を組み立てれば、上記実施形態1と同様に、電着塗装時等において充填材10が発泡充填空間から下側に脱落するのを防止することができる。そして、充填材10は、上側及び下側画成部材31、32の各開放部31a、32aの抵抗が大きいので、発泡時において最初に発泡充填空間に発泡充填され、その後に余った残り分が各開放部31a、32aの少なくとも一部に発泡充填される。この結果、各開放部31a、32aの上下方向長さや隙間量を調整することで、充填材10のセット量がばらついても発泡充填空間における充填材11の発泡率ばらつきを低減させることができる。しかも、

充填材10の上下両端部が発泡時に各開放部31a、32aにより拘束されるので、充填材10の上下両端部が上記実施形態1のようにフリー状態で発泡するのとは異なり、発泡後にその上下両端部に割れが生じるのを防止することができる。よって、上側及び下側画成部材31、32を設けるだけで、充填材10の保持と均一発泡充填を行うことができると共に、上下両端部の割れによる衝撃エネルギー吸収性能等の低下を防止することができる。

10 【0046】また、上側及び下側画成部材31、32は共にレインフォースメント14に一体形成されているので、別途に新たな部材を設けることなく簡単な構成で上側及び下側画成部材31、32を設けることができる。

【0047】ここで、上記実施形態2においては、上側及び下側画成部材31、32の各開放部31a、32aにおける隙間量(アウタパネル12と上側及び下側画成部材31、32の各先端部との間の距離)を、充填材11充填部分におけるアウタパネル12とレインフォースメント14との間の隙間量よりも小さくかつ5mm以下であることが望ましい。これは、上記各開放部31a、32aにおける隙間量が5mmよりも大きいと、充填材11の発泡率ばらつきの低減効果とその上下両端部の割れ抑制の効果とが十分に得られなくなるからである。

【0048】尚、上記実施形態2では、上側及び下側画成部材31、32をレインフォースメント14に一体形成したが、別部材で形成するようにしてもよい。例えば図9に示すように、鋼板等からなる上側及び下側画成部材31、32をレインフォースメント14に溶接して接合するようにしてもよい。また、板状の樹脂からなる上側及び下側画成部材31、32を、レインフォースメント14に接着するようにしてもよく、図10に示すように、板状の樹脂からなる上側及び下側画成部材31、32のレインフォースメント14側面に凸部31b、32bを形成しておき、その各凸部31b、32bをレインフォースメント14に設けた嵌合孔14c、14cにそれぞれ嵌め込むようにしてもよい。

【0049】さらに、図11及び図12に示すように、上側及び下側画成部材31、32を共に、板厚がかなり小さい1つの鋼板等をプレス成形することにより、レインフォースメントに取付固定された固定部31c、32cと、該固定部31c、32cの一端部に接続されかつ該接続部からアウタパネル12側に向かって斜めに(上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側に)延びる片持ちはり状の可撓部31d、32d(先端部に開放部31a、32aを有する)とで構成し、上記可撓部31d、32dの弾性復元力を調整することで、充填材10が発泡するときにその上下両端部の拘束を行って割れを抑制したり、発泡率ばらつきを低減したりすることができる。

40 50 【0050】また、図13に示すように、図11及び図12に示すように、上側及び下側画成部材31、32を共に、板厚がかなり小さい1つの鋼板等をプレス成形することにより、レインフォースメントに取付固定された固定部31c、32cと、該固定部31c、32cの一端部に接続されかつ該接続部からアウタパネル12側に向かって斜めに(上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側に)延びる片持ちはり状の可撓部31d、32d(先端部に開放部31a、32aを有する)とで構成し、上記可撓部31d、32dの弾性復元力を調整することで、充填材10が発泡するときにその上下両端部の拘束を行って割れを抑制したり、発泡率ばらつきを低減したりすることができる。

【0050】また、図13に示すように、図11及び図12に示すように、上側及び下側画成部材31、32を共に、板厚がかなり小さい1つの鋼板等をプレス成形することにより、レインフォースメントに取付固定された固定部31c、32cと、該固定部31c、32cの一端部に接続されかつ該接続部からアウタパネル12側に向かって斜めに(上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側に)延びる片持ちはり状の可撓部31d、32d(先端部に開放部31a、32aを有する)とで構成し、上記可撓部31d、32dの弾性復元力を調整することで、充填材10が発泡するときにその上下両端部の拘束を行って割れを抑制したり、発泡率ばらつきを低減したりすることができる。

12のものよりも板厚を大きくして撓み難くすると共に、可撓部31d, 32dの先端部を、上側画成部材31は上側に、下側画成部材32は下側にそれぞれ折り曲げることでアウタパネル12と略平行にしてこの略平行部分に開放部31a, 32aを形成し、上記実施形態2のようにこの各開放部31a, 32aの上下方向長さや隙間量を調整すれば、発泡率ばらつきを低減したり、割れの発生を抑制したりすることができる。

【0051】さらにまた、上側及び下側画成部材31, 32の各開放部31a, 32aは、該上側及び下側画成部材31, 32を貫通する孔状のものであってもよい。

【0052】加えて、上記実施形態2においては、ピラ一部材のように略上下方向に延びるフレームに適用することができ、その各フレームにおいてフレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成しかつ内部に発泡充填空間を形成する複数の閉断面部材の少なくとも1つに上側及び下側画成部材31, 32を設けておき、その閉断面部材における下側画成部材32の上側位置に、未発泡状態の充填材10を下側画成部材32により上下方向に保持した状態でセットするようにすればよい。

【0053】

【実施例】次に、具体的に実施した実施例について説明する。

【0054】先ず、充填材そのものについて(つまりフ*

材質	密度 (g/cm ³)	平均圧縮強度 (MPa)	最大曲げ強度 (MPa)
発泡ウレタン	0.09	0.6	-
A1発泡体	0.29	1.9	2.4
木材	0.41	2.5	59.2
エボキシ樹脂A	0.50	3.0	3.7
エボキシ樹脂B	0.50	9.0	11.0
A1塊	2.67	234	586
レインフォースメント	0.61	-	-

【0058】各充填材の平均圧縮強度を調べるための単体圧縮試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を一辺30mmの立方体に加工してそれぞれ試験片を作製し、これに対して一方向から10mm/minの速度で圧縮荷重を加え、図14において模式的に示すように、変位量(圧縮量)が0~8mmの範囲での平均荷重を求めてこれを充填材の平均圧縮強度とした。

【0059】また、各充填材の最大曲げ強度を調べるための単体曲げ試験は、以下のようにして行った。すなわち、各材料の供試材を、幅50mm×長さ150mm×厚さ10mmの平板状に加工してそれぞれ試験片を作製し、各充填材の試験片について、支点間距離を80mmとし、その中央をR8の圧子で10mm/minの速度で押圧することにより、所謂オートグラフにて三点曲げ※50

* レーム断面内に充填された状態ではなく、充填材自体について)、その基礎的な物理的および機械的特性を調べた。すなわち、表1に示す6種類の材料について、各々その密度を調べると共に、平均圧縮強度及び最大曲げ強度を試験によって求めた。尚、上記密度は、いずれの材料についても、室温(約20°C)における値を調べた。

【0055】表1の各材料中、発泡ウレタン樹脂は硬度が8kg/cm²のものを、A1発泡体はアルミニウム発泡材を、木材は松を、A1塊は棒状のアルミニウム材を、レインフォースメントは、一般的にフレーム断面内に設けられる厚さ1mmの鋼板(SPPC; 以下、この実施例では、鋼板は全てSPPC)製の補強材をそれぞれ使用した。

【0056】尚、上記レインフォースメントの密度は、後述する図15に示すようなフレーム断面内に配設されたレインフォースメント重量と、該レインフォースメント配設部分に対応するフレームの容積から、フレーム内換算密度として算出したものである。また、発泡ウレタンの平均圧縮強度、並びにレインフォースメントの平均圧縮強度及び最大曲げ強度については、いずれも値が低すぎて計測することができなかった。

【0057】

【表1】

※試験を行った。そして、その荷重一変位線図から各充填材の最大曲げ強度を算出した。

【0060】上記表1の各充填材の密度のデータ及びコスト、軽量化効果等から、車体フレームのフレーム断面内に充填する充填材の密度としては、1.0g/cm³以下が適当であり、好ましくは、0.6g/cm³以下であれば、さらに軽量化効果が期待できる。

【0061】次に、上記各充填材をフレームの所定部分の内部空間に充填して、フレームの主としてエネルギー吸収特性を評価する試験を行った。

【0062】先ず、フレームを構成するパネル材としては、板厚1mmの鋼板を用いた。この鋼板の引張強さは292N/mm²であり、降伏点は147N/mm²であり、伸びは50.4%であった。

【0063】上記鋼板を用いて、図15に示すように、

片側が開口した断面コ字状のパネル材P_oと平板状のパネル材P_iとを片ハット状に組み合わせ、その重合部分L_f（フランジ部）について60mmピッチでスポット溶接を行って最終的に組み立てた。

【0064】尚、図15において仮想線で示すように、フレーム断面内にレインフォースメントR_fを配設したものの場合、このレインフォースメントR_fの材料はフレームFRのパネル材P_i、P_oの材料と同じものを用いた。この場合、レインフォースメントR_fの両フランジ部（不図示）は、両パネル材P_i、P_oのフランジ部（重合部分L_f）に挟み込んだ上で、三枚重ねにしてスポット溶接で組み立てた。

【0065】上記のフレームFRの所定部分の内部空間に表1の各充填材をそれぞれ充填して各種の機械的試験を行い、平均圧縮強度又は最大曲げ強度とエネルギー吸収性との関係を調べた。

【0066】先ず、フレームの静的三点曲げ試験を実施した。図16は、フレームR_fの静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。また、図17は、この静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【0067】図15において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材SをE_f=50~300mmの長さにわたって充填し、万能試験機により、圧子M_aを介してフレームFRの中央に静的荷重W_sを加え、図18に示すように、変位量0~45mmの範囲での荷重一変位を測定し、静的エネルギー吸収量を求めた。

【0068】上記試験結果を図19~図22のグラフに示す。先ず、図19は、充填材質量とエネルギー吸収量との関係を表したものである。この図19において、黒丸印（○）は木材を、黒四角印（□）はエポキシ樹脂Aを、それぞれ充填した場合を示し、また、白三角印（△）は鋼板レインフォースメント（板厚1.0mm）をフレーム断面内に設けた場合を示している。尚、白丸印（○）は、板厚1.6mmの鋼板の場合を参考までに示したものである。

【0069】このグラフ（図19）から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填質量が増えるに連れて吸収エネルギーが高くなり、試験装置の両支点M_sで支持されたフレーム部分が潰れた状態で最大値を示した。また、木材やエポキシ樹脂等の充填材Sを用いた場合、レインフォースメントを設けただけの場合に比べて、同等のエネルギー吸収量を得るのに、はるかに少ない充填質量で済む。

【0070】このように、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、レインフォースメントR_fを設けただけの場合に比べて、フレームFRのエネルギー吸収性が大幅に向上することが確認できた。

【0071】また、図20は充填材Sの平均圧縮強度と

エネルギー吸収量との関係を示したもので、グラフの横軸は対数目盛である。この測定においては、各充填材Sの充填長さE_fを50mmとした。充填長さがこの程度以下の場合には、充填材Sは殆ど曲げ作用を受けることはなく、そのエネルギー吸収性は圧縮強度との相関性が非常に強くなる。尚、図20において、a1点、a2点、a3点、a4点及びa5点は、それぞれウレタン樹脂、A1発泡体、木材、エポキシ樹脂A及びA1塊についてのデータであることを示している。

10 【0072】この図20のグラフから良く判るように、充填材Sの平均圧縮強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、平均圧縮強度が4MPa以上になるとフレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、平均圧縮強度が4MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0073】特に、平均圧縮強度が5MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合はより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0074】さらに、図21は充填材Sの最大曲げ強度とエネルギー吸収量との関係を示したもので、また、図22は、図21のグラフにおける最大曲げ強度80MPa以下の部分を拡大して示すものである。この測定においては、各充填材Sの充填長さE_fを100mmとした。充填長さが100mm程度にまで増加すると、充填材の曲げ強度もフレームFRのエネルギー吸収性の向上に大きく寄与するようになる。尚、図21及び図22において、b1点、b2点、b3点及びb4点は、それぞれA1発泡体、エポキシ樹脂A、木材及びA1塊のデータであることを示している。

【0075】これらのグラフから良く判るように、充填材Sの最大曲げ強度が大きくなるにつれてエネルギー吸収量も増加するが、最大曲げ強度が10MPa以上になると（特に図22参照）フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合いは飽和する。換言すれば、最大曲げ強度が10MPa以上であれば、ほぼ最大値に近いエネルギー吸収量を得ることができる。

【0076】特に、最大曲げ強度が60MPa以上になれば、フレームFRのエネルギー吸収量の増加度合はより安定して飽和し、最大値に近いエネルギー吸収量をより安定して得ることができる。

【0077】以上の静的エネルギー吸収性の試験において、フレーム断面内に充填材が充填されていない場合には、図23に示すように、フレームFRは荷重W_sの入力点で局部的に大きく変形する。これに対して、フレーム断面内に充填材が充填されている場合には、図24に示すように、入力荷重W_sは、入力点だけでなく、長さE_fの範囲で充填された充填材Sを介してフレームFRの充填部分周辺に分散されることになる。すなわち、充

50

填材Sを内部に充填することにより、フレームは、局部的に大きな変形が生じることなく、広範囲にわたって変形することになる。これにより、吸収エネルギーも飛躍的に増加するものと考えられる。

【0078】尚、このときの充填材Sの単体のエネルギー吸収量を計算によって求めると、全吸収エネルギーの7%以下であった。このことからも、充填材SをフレームFR内に充填することによるエネルギー吸収性の向上は、充填材S自体のエネルギー吸収性よりも、充填材Sによる荷重分散効果が非常に大きく寄与することが理解できる。

【0079】また、図19のグラフにおいて、特に、エネルギー吸収量の上限を示す木材を充填したフレームについて、試験後のフレームの状態を目視観察すると、試験装置の両支点Msで支持されたフレーム部分がほぼ完全に潰れた状態となっていた。つまり、本フレームFRでの最大のエネルギー吸収がこの支点Msによる支持部分の潰れによるものであると考えられる。したがって、この場合、充填材Sの役割は入力荷重Wsを支点部分に分散させることにあると言える。

【0080】さらに、充填長さEf=50mmで各充填材をそれぞれ充填した各フレームについて、試験後のフレーム断面の潰れ状態を目視観察すると、エネルギー吸収性が比較的低いもの（レインフォースメントRfのみ、ウレタン樹脂及びA1発泡体）ではフレーム断面が荷重入力点でほぼ完全に潰れており、一方、エネルギー吸収性が比較的高いもの（エポキシ樹脂、木材及びA1塊）ではフレーム断面は荷重入力点で余り潰れていなかった。

【0081】この荷重入力点でのフレーム断面の潰れは、充填材Sの圧縮強度が大きく寄与しており、上述のように、充填材Sの平均圧縮強度が増すにつれてエネルギー吸収量が増加し、約4MPaで飽和し、約5MPaでより安定して飽和している（図20参照）。

【0082】このことから、断面の潰れはフレームのエネルギー吸収性能に大きく影響しており、断面が潰れると応力集中が生じて局部的な変形を加速し、フレームFRの折れを招来して、十分なエネルギー吸収量を確保することができなくなるものと考えられる。

【0083】フレームFR内に充填された充填材Sへの圧縮荷重は、特に荷重入力側に直接的に作用するので、充填材Sの平均圧縮強度は、特に荷重入力側において上記断面の潰れを防ぐに足る値（4MPa以上）に維持されることができほしい。

【0084】また、上述のように、充填材Sの充填長さEfが一定以上長くなると、充填材Sの平均圧縮強度がほぼ同等であってもエネルギー吸収性に差が生じる。充填材Sの充填長さEfを100mmとした場合においてエネルギー吸収量が比較的低かったエポキシ樹脂Aを充填したフレームの断面を目視観察すると、充填材（エポ

キシ樹脂）に割れが生じていた。この割れに対しては最大曲げ強度が大きく影響しており、この最大曲げ強度が高くなるにつれてエネルギー吸収量が増加し、約10MPaで飽和し、約60MPaでより安定して飽和していた（図21及び図22参照）。

【0085】フレームFR内に充填された充填材Sへの曲げ荷重は、特に反荷重入力側に直接的に作用するので、上記充填材Sの最大曲げ強度は、特に反荷重入力側において上記充填材の割れを防ぐに足る値（10MPa以上）に維持されることがほしい。

【0086】尚、以上のことから、フレームFR内に充填材Sを充填する場合、充填材Sを異なる充填材で成る多層構造とし、荷重入力側には平均圧縮強度が所定値（少なくとも4MPa）以上の充填材層を設け、反荷重入力側には最大曲げ強度が所定値（少なくとも10MPa）以上の充填材層を設けるようすれば、非常に効率良くフレームFRのエネルギー吸収性を高めることができる。

【0087】上述の静的三点曲げ試験に続いて、フレームの動的三点曲げ試験を実施した。図25は、フレームFRの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。上記静的三点曲げ試験の場合と同様に、図15において実線で示す断面形状を備えた所定長さのフレームFRの断面内に充填材SをEf=50~300mmの長さにわたって充填し、落錘Mbによりフレーム中央部分に衝撃荷重Wdを与えた場合のフレームFRの変形量を測定すると共に、衝撃荷重をロードセルMcで測定し、図26に示すように、変位量0~45mmの範囲でのエネルギー吸収量を求めた。

【0088】図27は、上記動的三点曲げ試験における充填材長さとエネルギー吸収量との関係を示したものである。この図27において、黒丸印（○）は木材を、黒四角印（□）はエポキシ樹脂Aをそれぞれ充填した場合を示している。

【0089】このグラフ（図27）から良く判るように、静的三点曲げ試験の場合と同様に、木材及びエポキシ樹脂Aのいずれにおいても、充填材Sの充填量が増えるにつれて吸収エネルギーが高くなり、また、エネルギー吸収量の上限が認められ、その値は約0.85kJであった。

【0090】このように、動的荷重Wdについても、フレーム断面内に充填材Sを充填することにより、フレームFRのエネルギー吸収性が向上することが確認できた。

【0091】また、静的荷重Wsの場合と動的荷重Wdの場合とを比較すると、動的荷重Wdに対する方がエネルギー吸収量は大きく、静的荷重Wsに対する場合の約1.7倍であった。

【0092】さらに、以上で得られた静的荷重Ws及び動的荷重Wdそれぞれにおけるエネルギー吸収性のデータ

タから、静的荷重 W_s の場合と動的荷重 W_d の場合との比（静動比）を算出すると、非常に高い相関性が認められた。したがって、静的荷重 W_s におけるエネルギー吸収性について行った考察（充填材 S による荷重分散効果等）は、基本的には、動的荷重 W_d におけるエネルギー吸収性を取り扱う場合にも、適用することができるものと考えられる。

【0093】図28は、上記動的三点曲げ試験において、フレーム断面内にレインフォースメント R_f のみが設けられた場合に対するエネルギー吸収性の向上率と、充填材 S の充填長さ範囲（荷重支点間距離に対する充填長さ割合）との関係を示すグラフである。この図28において、白丸印（○）は木材を、白三角印（△）はエポキシ樹脂Aをそれぞれ充填した場合を示している。

【0094】このグラフ（図28）から良く判るように、木材及びエポキシ樹脂のいずれにおいても、充填材 S の充填長さ範囲が大きくなるにつれて吸収エネルギーが高くなるが、約 15% でほぼ飽和する。換言すれば、充填材 S の充填長さ範囲が荷重支点間距離に対して 15% 以上あれば、ほぼ最大のエネルギー吸収量を得ることができる。したがって、充填材 S の充填範囲としては、荷重支点間距離に対して 15% 以上であることが好ましい。

【0095】図29は、フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。図30に示す断面形状を備えた所定長さのフレーム F_R の断面内に充填材 S を充填した上で、このフレーム F_R の一端を支持板 M_e に固定し、この支持板 M_e を装置基板 M_f に固定する。そして、万能試験機により、フレーム F_R のパネル材 P_i の他端近傍に圧子 M_d を介して静的荷重 W_m をパネル材 P_o 方向に加え、曲げ角度（荷重作用点の変位とこの荷重作用点の基端からの距離とで算出）と荷重との関係を測定し、最大曲げモーメント及び静的エネルギー吸収量を求めた。

【0096】図31は、種々の充填材を充填したフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。このグラフにおいて、曲線 a は充填材なし（鋼板フレームのみ）のフレームの特性を、曲線 b はエポキシ樹脂Aを充填したフレームの特性を、曲線 c はエポキシ樹脂Bを充填したフレームの特性を、曲線 d は、エポキシ樹脂Bを充填したフレームの特性を、曲線 e は木材（松）を充填したフレームの特性をそれぞれ示している。

【0097】この図31のグラフから判るように、いずれの曲線についても、曲げ角度がある程度に達するまでは、曲げモーメント値は曲げ角度の増加に伴って立ち上がるよう大きくなる。そして、曲線 a～c 及び曲線 e については、それぞれある曲げ角度でピーク（極大点）を迎え、その後は曲げ角度が増すにつれて曲げモー

メントは低下する。曲線 a（充填材なしで鋼板フレームのみ）の場合、この低下度合いが特に大きい。

【0098】これに対して、曲線 d（エポキシ樹脂B+接着剤）の場合には、曲げモーメントが大きく上昇した後でも、曲げ角度の増加に対して曲げモーメントの落ち込みは見られず、高い曲げモーメント値を維持している。また、最大曲げモーメント値も 5 つの曲線のうちで最も大きい。同じ充填材（エポキシ樹脂B）を用いた曲線 c と比較して、曲げ角度の増加に対する傾向及び最大曲げモーメントの大きさの両方について、明確な差がある。

【0099】すなわち、同じ充填材を用いても、この充填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームの曲げモーメント特性が大きく向上することが判る。

【0100】また、図32は、図31と同様の種々の充填材を充填したフレームの最大曲げモーメント [Nm] 及びエネルギー吸収量 [J] を示す棒グラフである。このグラフにおいて、A～E の各欄は、図31の曲線 a～e とそれぞれ同じフレームを示している。また、各欄において、左側の数値（白抜きの棒グラフ）がフレームの最大曲げモーメント [Nm] を示し、右側の数値（斜線ハッチングの棒グラフ）はフレームのエネルギー吸収量 [J] を示している。

【0101】この図32のグラフから良く判るように、フレームのエネルギー吸収量は、エポキシ樹脂B+接着剤（D欄）を適用したものが最も大きく、同じ充填材（エポキシ樹脂B）を用いたC欄のエネルギー吸収量と比べて明確な差がある。

【0102】すなわち、同じ充填材を用いても、この充填材をフレームのパネル材に対して接着剤で固定することにより、フレームのエネルギー吸収特性が大きく向上することが判る。

【0103】図33は、接着剤層のせん断接着強さと最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。この図33のグラフから良く判るように、接着剤層のせん断接着強さが大きくなるにつれて最大曲げモーメントも増加するが、せん断接着強さが 3 MPa 以上になると、最大曲げモーメントの増加度合い（グラフにおける曲線の勾配）は、それまでに比べて緩やかになる。つまり、接着剤層のせん断接着強さが 3 MPa 以上であれば、フレームが負担できる最大曲げモーメントを非常に効果的に増加させ、十分な曲げモーメント値を達成して高いエネルギー吸収能力を得ることが可能である。したがって、接着剤層のせん断接着強さとしては、3 MPa 以上であればよい。また、せん断接着強さがさらに大きくなり、7 MPa 以上になると最大曲げモーメントの増加度合いは飽和する。換言すれば、せん断接着強さが 7 MPa 以上であれば、ほぼ最大値に近い曲げモーメント値を得ることができる。

よって、接着剤層のせん断接着強さが 7 M

Pa以上であることがさらに好ましい。

【0104】尚、上記せん断接着強さの測定は、JIS K 6850の「接着剤の引張せん断接着強さ試験方法」に基づいて行ったものであり、図34に示すように、被着材51、51として幅25mm、厚さ1.6mmの鋼板を用い、接着部分（長さ12.5mm）に未発泡状態の充填材52を挟み込んで0.5mm厚さに固定し、クランプした状態で電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱（150°C×30分→140°C×20分→140°C×20分）を行い、その後、発泡してはみ出した部分を取り除いた状態で試験を行うことでせん断接着強さを測定した（接着剤層が有る場合も無い場合も同じ）。

【0105】次に、図35に示す断面形状を備えた長さ240mmのフレーム60の断面内的一部に充填材を充填した場合と、全体に充填した場合とで、フレーム60の曲げ角度と曲げモーメントとの関係がどのようになるかを図29と同様の静的片持ち曲げ試験により調べた。尚、静的荷重は、アウタパネル62側からインナパネル63方向に加えた。

【0106】具体的には、（イ）アウタパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填したものと、（ロ）インナパネル63とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填したものと、（ハ）アウタパネル62とレインフォースメント64との間、及びインナパネル63とレインフォースメント64との間の両方に充填材を充填したものと、（ニ）充填材を全く充填していないものとを作製してそれらに対して試験を行った。このとき、アウタパネル62は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル63は厚さ1.4mmの鋼板を、レインフォースメント64は厚さ1.2mmの鋼板をそれぞれ使用した。また、充填材は、平均圧縮強度が9MPaで最大曲げ強度が10MPaのエポキシ樹脂（フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む）を使用し、充填材自体が10MPaのせん断接着強さを有するようにした。そして、シート状の未発泡状態の充填材を170°Cで30分保持することでアウタパネル62とレインフォースメント64との間、及び／又はインナパネル63とレインフォースメント64との間に完全に充填させた。尚、充填材の充填量は、アウタパネル62とレインフォースメント64との間が117gであり、インナパネル63とレインフォースメント64との間が423gであった。

【0107】上記曲げ試験の結果を図36～図38に示す。このことより、最大曲げモーメントは、充填材をフレーム断面内全体に充填したものが最もよいが、座屈開始の曲げモーメントで比較すると、充填材をアウタパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填したものは、フレーム60断面内全体に充填したものと殆ど変わらない。したがって、充填材をアウタパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填すること

は、特にセンターピラーのように折れ曲がりを抑制する必要があるフレームに特に有効であって、充填材の重量当たりの曲げモーメントが非常に高くなり、充填量の観点から最も効率が良いことが判る。

【0108】続いて、上記フレーム60のアウタパネル62とレインフォースメント64との間のみに充填材を充填する場合に、レインフォースメント64の曲げ高さを変えることによりアウタパネル62とレインフォースメント64との間の隙間量（ここでは図35で7mmの部分のみ）を変えて、上記と同様の曲げ試験を行うことで、その隙間量により最大曲げモーメントがどのように変化するかを調べた。そして、比較のために、充填材を全く充填しない場合についても調べた。尚、アウタパネル62とレインフォースメント64との間における左右両側部の隙間量（図35で5mmの部分）は5mmのままでした。

【0109】上記試験の結果を図39に示す。このことより、充填材を充填しない場合には隙間量が小さいほど最大曲げモーメントは高くなるが、充填材を充填する場合には、隙間量が2mmよりも小さくなると、充填材を充填しない場合と殆ど変わらず、2mm以上とすれば充填効果が十分に得られることが判る。

【0110】次いで、図40(a)に示すように、アウタパネル72とレインフォースメント74との間のみに充填材71を充填したセンターピラーを作製した（実施例1）。このとき、アウタパネル72は厚さ0.7mmの鋼板を、インナパネル73は厚さ1.4mmの鋼板を、レインフォースメント74は厚さ1.2mmの鋼板（材料がアウタパネル72と同じであるので、強度はアウタパネル72と同じであり、板厚がアウタパネル72よりも大きいので、剛性がアウタパネル72よりも大きい）をそれぞれ使用した。また、充填材71は、平均圧縮強度が13.0MPaで最大曲げ強度が13.5MPaのエポキシ樹脂（フィラー、ゴム、硬化剤、発泡剤等を含む）を使用し、充填材71自体が10.5MPaのせん断接着強さを有するようにした。そして、センターピラーを組み立てた後、電着塗装等の乾燥熱を模擬した加熱（150°C×30分→140°C×20分→140°C×20分）を行って未発泡状態の充填材を発泡硬化させた。尚、充填材71の充填量は150gであった。

【0111】一方、比較のために、図40(b)に示すように、上記充填材71を全く充填しない点以外は上記実施例1と同じもの（比較例1）を作製すると共に、この比較例1に対して充填材71を充填しないで補強すべく、図40(c)に示すように、レインフォースメント74の厚みを1.8mmにしつつ該レインフォースメント74に厚さ1.2mmの鋼板からなる補強材75を接合したもの（比較例2）を作製した。

【0112】そして、上記実施例1及び比較例1、2の各センターピラーに対して上記と同様の静的片持ち曲げ

試験を行って、センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を調べた。尚、静的荷重は、アウターパネル72側からインナーパネル73方向に加えた。

【0113】上記センターピラー曲げ試験の結果を図41に示す。このことより、実施例1のセンターピラーは比較例1, 2よりもかなり高い曲げモーメントが得られ、しかも、比較例2の補強方法よりも格段に軽量化できることが判る。

【0114】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の車体のフレーム構造によると、フレーム断面の少なくとも一部を閉断面状に形成する閉断面部材に、フレーム長手方向に略沿ったビードを形成し、このビード内を含む発泡充填空間に充填材を発泡充填せしる様にしたことにより、未発泡状態の充填材の保持を良好に行いつつ、フレームの強度アップを図ることができる。

【0115】また、閉断面部材で囲まれた空間を上下方向に画成する上側及び下側画成部材を備え、該上側及び下側画成部材間における上記閉断面部材で囲まれた空間に充填材の発泡充填空間が形成された車体のフレーム構造に対して、上側及び下側画成部材は共に、上記発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通しかつ少なくとも一部に上記充填材が発泡充填された開放部を有するものとし、下側画成部材を、上記充填材を未発泡状態のときに上下方向に保持し得る様に構成したことにより、未発泡状態の充填材の保持を良好に行いつつ、発泡率ばらつきの低減化と充填材の上下両端部における割れの抑制化とを図ることができる。

【0116】そして、本発明の車体のフレーム構造の形成方法によると、予め複数の閉断面部材の少なくとも1つに、フレーム長手方向に略沿ったビードを形成しておき、このビードを形成した1つの閉断面部材に、未発泡状態の上記充填材を該ビード内の深さ方向中間部まで押し込むことによりセットし、次いで、フレームを組み立てた後、電着塗装を行い、その後、上記充填材を電着塗装等の乾燥熱により加熱することでビード内を含む発泡充填空間に発泡充填せしる様にしたことにより、未発泡状態の充填材の確実な保持とフレーム強度アップとを行うことができると共に、電着液の付き回り性や排出性を良好にして電着層の剥離を防止することができ、しかも、発泡工程を別途に設ける必要がなくて生産性の向上化を図ることができる。

【0117】また、予め複数の閉断面部材の1つに、上側及び下側画成部材を共に、フレームを組み立てたときに発泡充填空間の上下方向外側の空間と連通する開放部を形成した状態で設けておき、上記上側及び下側画成部材を設けた閉断面部材における該下側画成部材の上側位置に、未発泡状態の上記充填材を下側画成部材により上下方向に保持した状態でセットし、次いで、フレームを組み立てた後、上記充填材を加熱することで上記発泡充

填空間と上記上側及び下側画成部材の各開放部の少なくとも一部とに発泡充填せしる様にしたことにより、未発泡状態の充填材の保持と発泡後における充填材の品質の向上化とを行うことができると共に、充填材の閉断面部材へのセットを容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るフレーム構造が適用されたセンターピラーを備えた自動車車体の全体構成を示す斜視図である。

10 【図2】センターピラーのベルトライン部の縦断面図である。

【図3】センターピラーのベルトライン部の横断面図である。

【図4】センターピラーの組立手順を示す説明図である。

【図5】ビードの他の形態を示す図3相当図である。

【図6】ビードのさらに他の形態を示す図3相当図である。

【図7】実施形態2を示す図2相当図である。

20 【図8】充填材が発泡する前の状態を示す図7相当図である。

【図9】上側及び下側画成部材の他の形態を示す図7相当図である。

【図10】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図7相当図である。

【図11】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図7相当図である。

【図12】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図7相当図である。

30 【図13】上側及び下側画成部材のさらに他の形態を示す図7相当図である。

【図14】充填材の平均圧縮強度を説明するためにフレームの静的圧縮荷重-変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図15】三点曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。

【図16】フレームの静的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

40 【図17】図16の静的三点曲げ試験装置の要部を拡大して示す説明図である。

【図18】静的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの静的曲げ荷重-変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図19】充填材質量とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図20】充填材の平均圧縮強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図21】充填材の最大曲げ強度とフレームの静的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

50 【図22】図21の要部を拡大して示すグラフである。

【図23】充填材が充填されていない場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図24】充填材が充填されている場合のフレームの変形モードの一例を模式的に示す説明図である。

【図25】フレームの動的三点曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図26】動的エネルギー吸収量を説明するためにフレームの動的曲げ荷重-変位曲線を模式的に示すグラフである。

【図27】充填材の充填長さとフレームの動的エネルギー吸収量との関係を示すグラフである。

【図28】動的三点曲げ試験における充填長さ範囲とエネルギー吸収性の向上率との関係を示すグラフである。

【図29】フレームの静的片持ち曲げ試験を行う試験装置を模式的に示す説明図である。

【図30】静的片持ち曲げ試験に用いたフレームの構造を示す断面図である。

【図31】各種充填材が充填されたフレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図32】各種充填材が充填されたフレームについての最大曲げモーメント及びエネルギー吸収量を示すグラフである。

【図33】接着剤層のせん断接着強さと最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

【図34】せん断接着強さの測定方法を概略的に示す説明図である。

【図35】断面内的一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合との比較を行うために静的片持ち曲げ試験に用いたフレームを示す断面図である。

【図36】断面内的一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合において、フレームの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフ

である。

【図37】断面内的一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合と全く充填しない場合について、座屈開始の曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図38】断面内的一部に充填材を充填した場合と全体に充填した場合について、充填材の重量当たりの曲げモーメントを比較して示すグラフである。

【図39】アウタパネルとレインフォースメントとの間のみに充填材を充填する場合に、その隙間量と最大曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

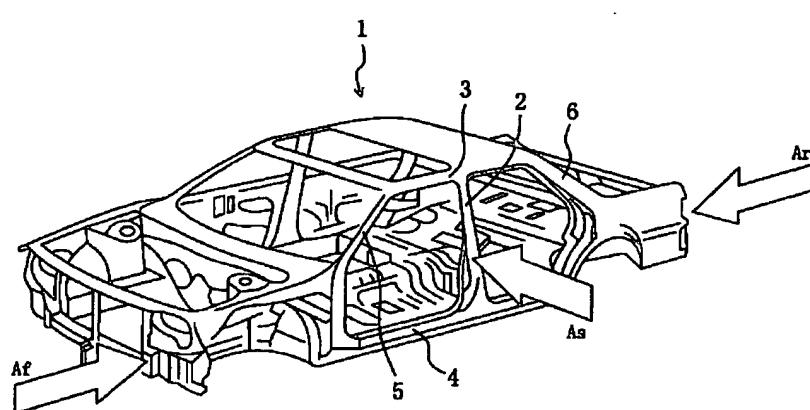
【図40】静的片持ち曲げ試験に用いたセンターピラーの構造を示す断面図である。

【図41】図40の各センターピラーの曲げ角度と曲げモーメントとの関係を示すグラフである。

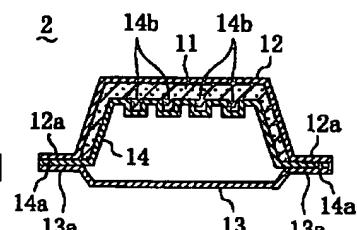
【符号の説明】

- 1 車体
- 2 センターピラー (フレーム)
- 3 ルーフサイドレール (フレーム)
- 4 サイドシル (フレーム)
- 5 フロントピラー (フレーム)
- 6 リヤピラー (フレーム)
- 10 未発泡状態の充填材
- 11 充填材
- 12 アウタパネル (閉断面部材) (パネル材)
- 13 インナパネル (閉断面部材)
- 14 レインフォースメント (閉断面部材)
- 14 b ビード
- 31 上側画成部材
- 31 a 開放部
- 32 下側画成部材
- 32 a 開放部

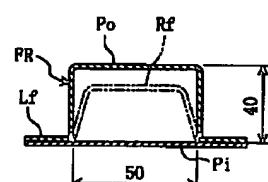
【図1】



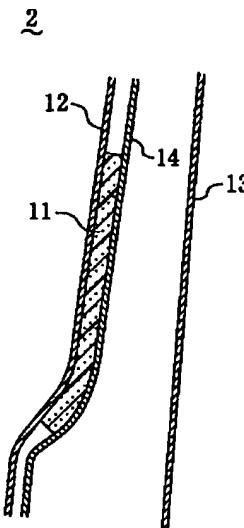
【図3】



【図15】



【図2】

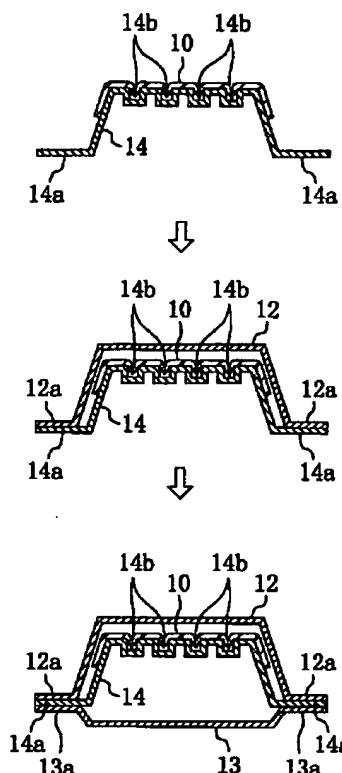


(a)

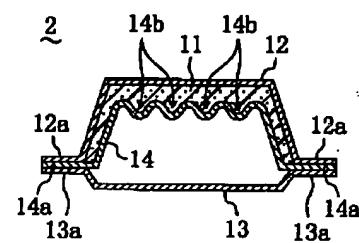
(b)

(c)

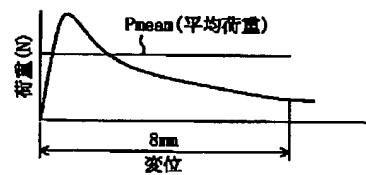
【図4】



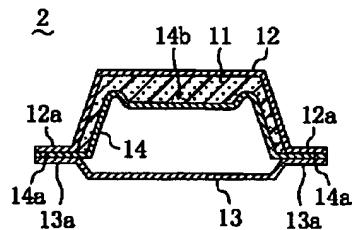
【図5】



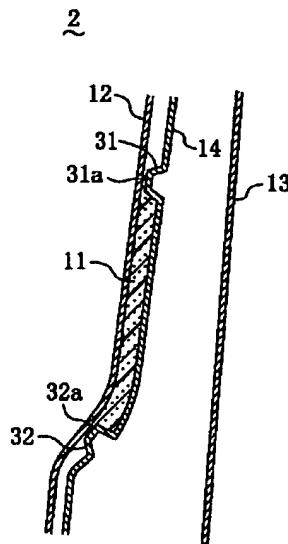
【図14】



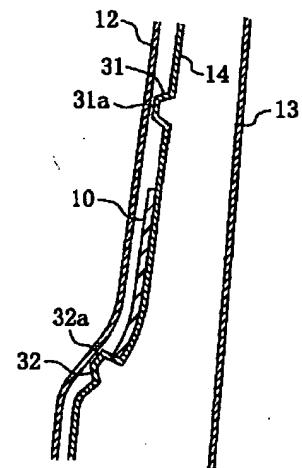
【図6】



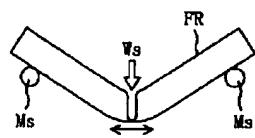
【図7】



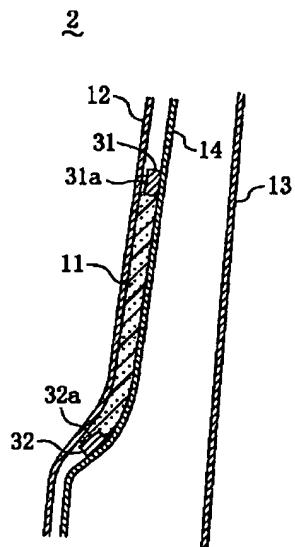
【図8】



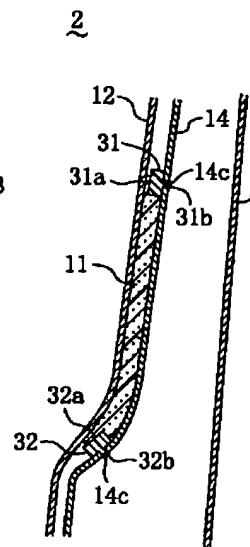
【図23】



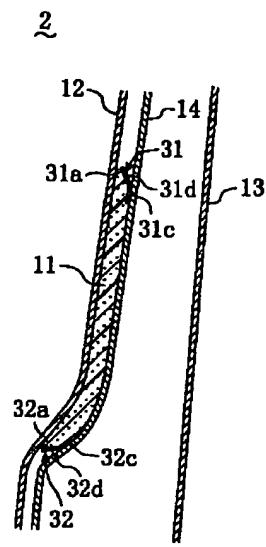
【図9】



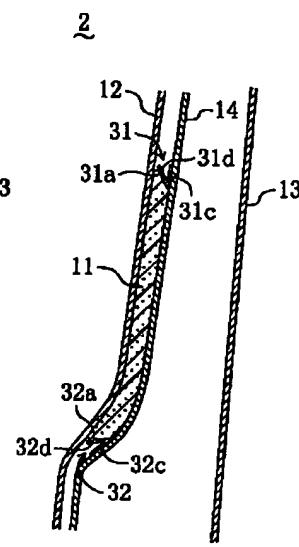
【図10】



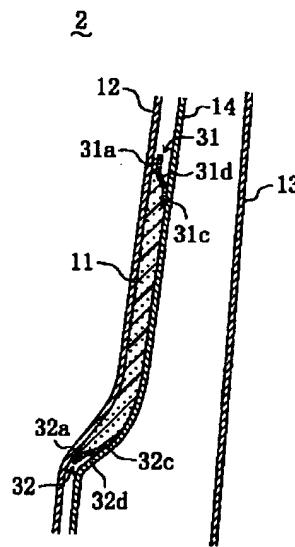
【図11】



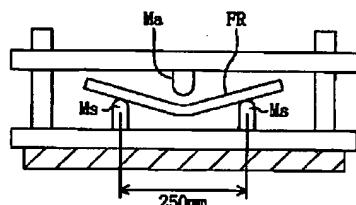
【図12】



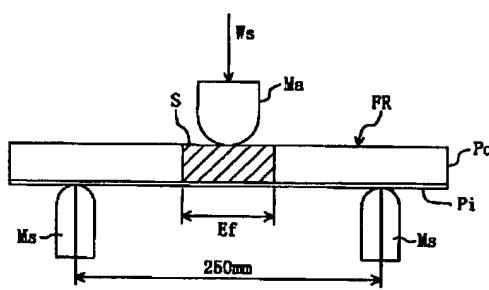
【図13】



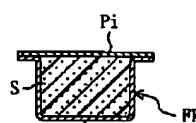
【図16】



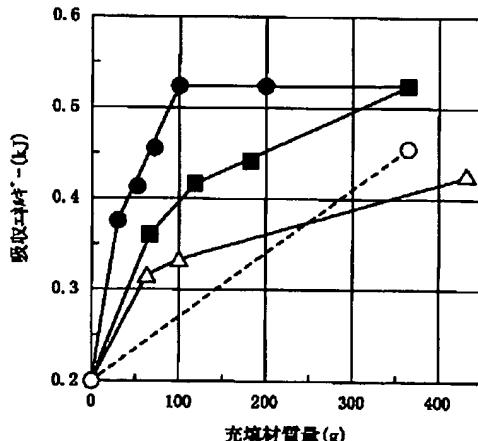
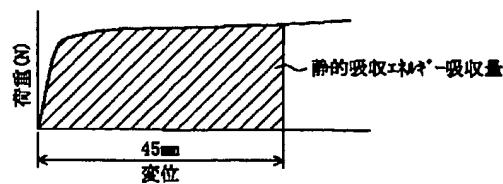
【図30】



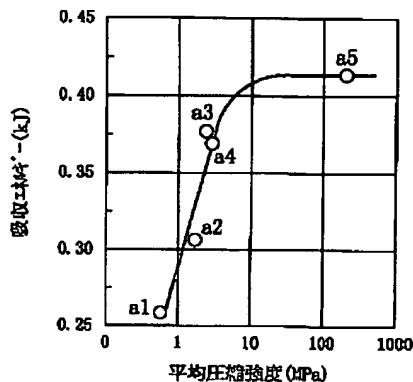
【図17】



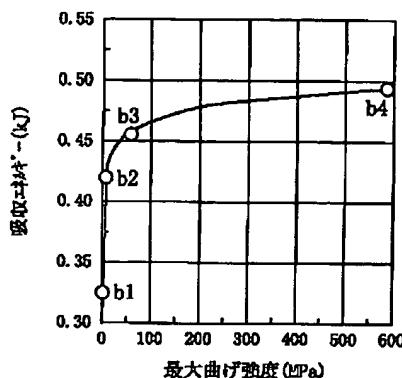
【図18】



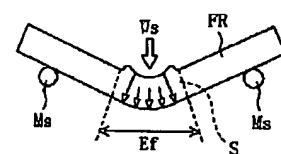
【図20】



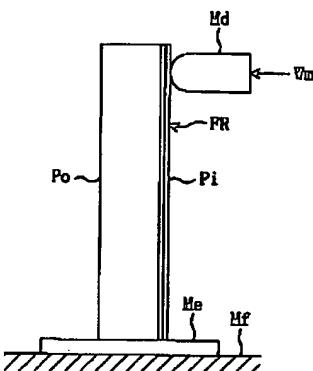
【図21】



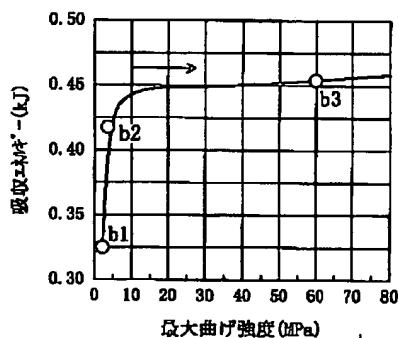
【図24】



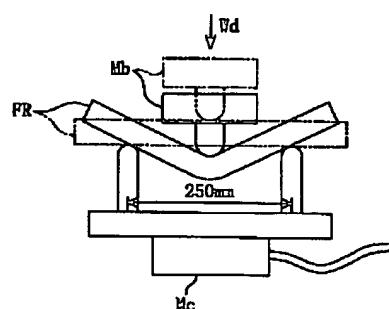
【図29】



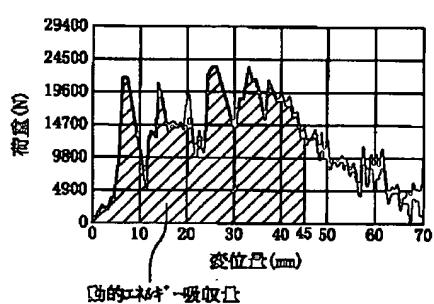
【図22】



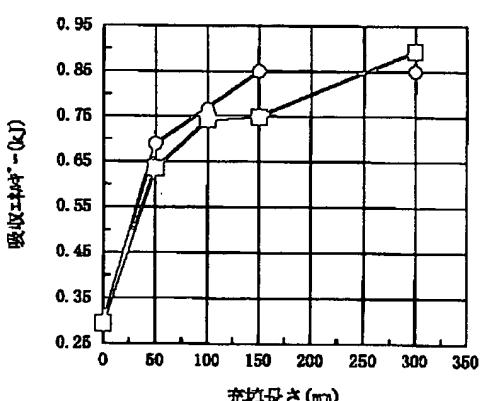
【図25】



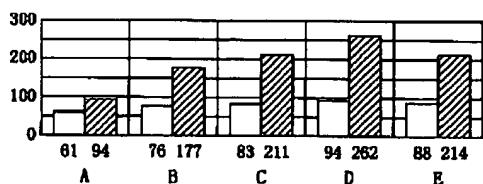
【図26】



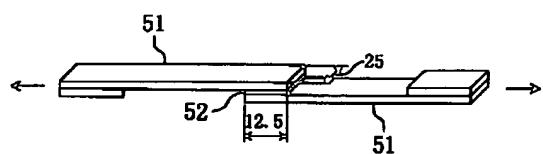
【図27】



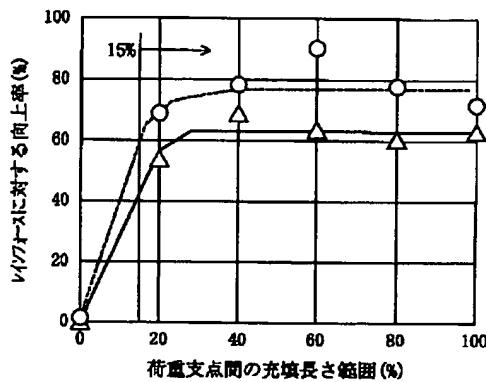
【図32】



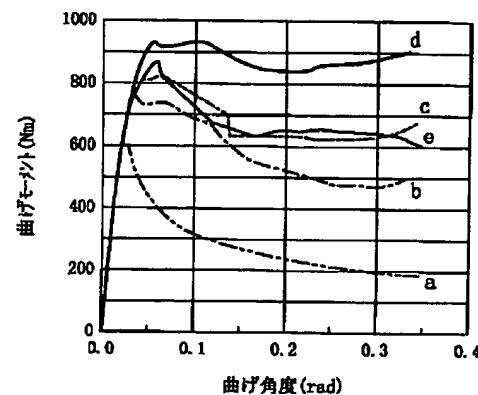
【図34】



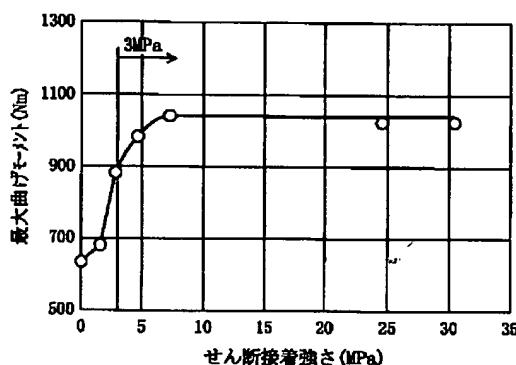
【図28】



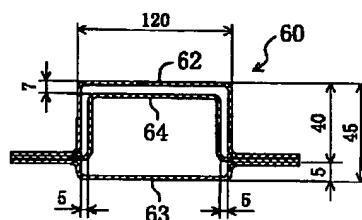
【図31】



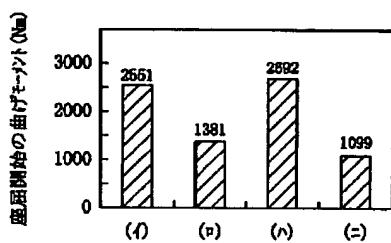
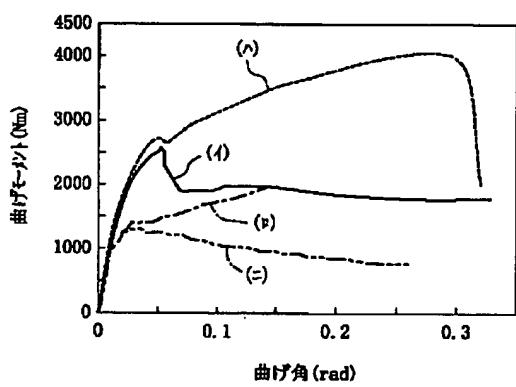
【図33】



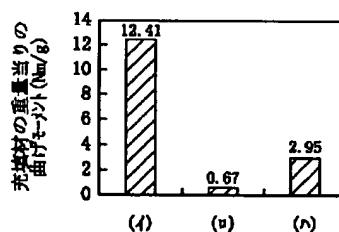
【図35】



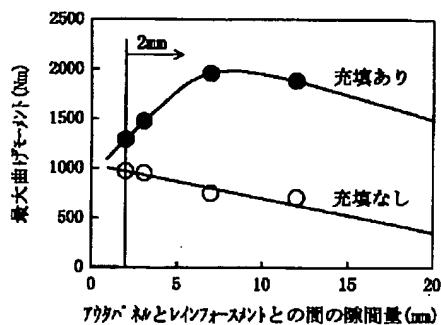
【図36】



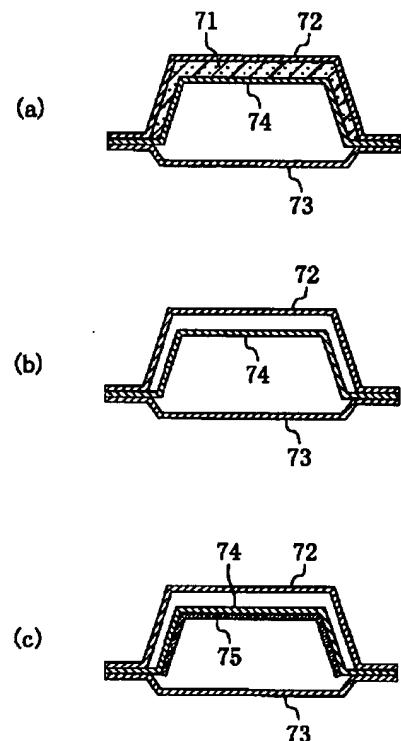
【図38】



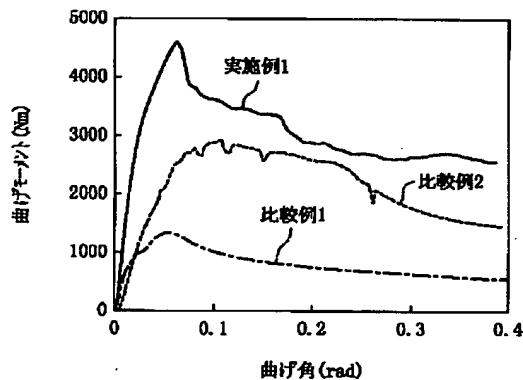
【図39】



【図40】



【図41】



フロントページの続き

(72)発明者 石田 恭勝
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内
(72)発明者 山本 幸男
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72)発明者 麻川 元康
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内
Fターム(参考) 3D003 AA01 AA04 AA06 AA07 BB01
CA34
3D114 AA03 BA01 CA05 CA10